



(19)

(11) Publication number: 09238490.

Generated Document.

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 08044519

(51) Intl. Cl.: H02P 5/00 G05B 13/02

(22) Application date: 01.03.96

(30) Priority: (43) Date of application publication: 09.09.97 (84) Designated contracting states:	(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (72) Inventor: NAKATSUKA TAKASHI HASHIMOTO ATSUSANE KINOSHITA HISASHI (74) Representative:
---	---

## (54) MOTOR CONTROLLER

## (57) Abstract:

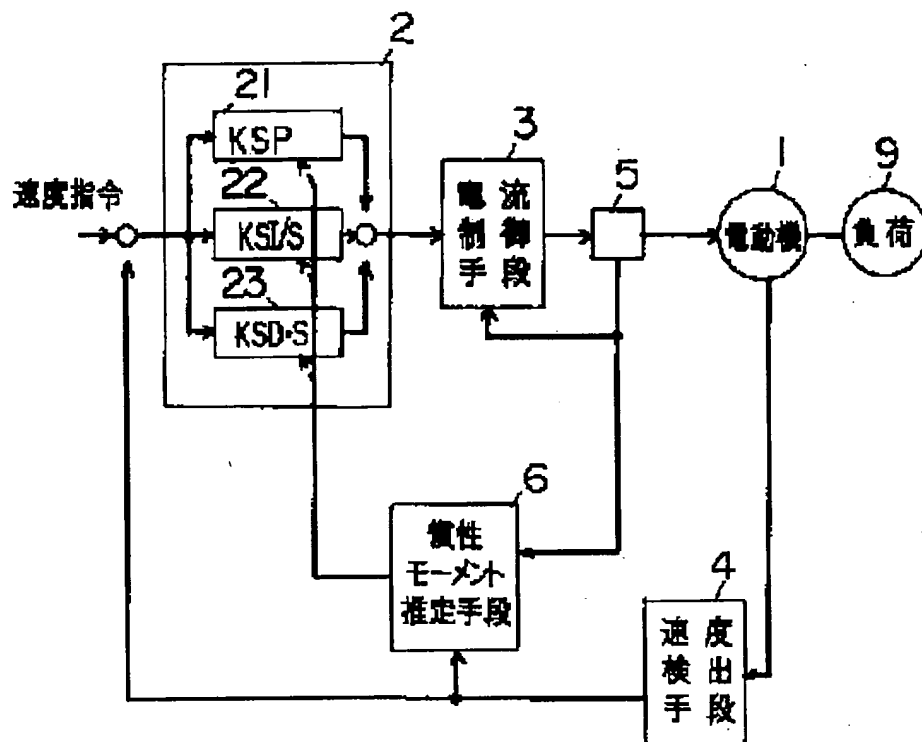
PROBLEM TO BE SOLVED: To drive a machine stably, even if it has a play in a gear, with a response frequency of a speed controller system being kept constant at all times, by estimating moment of inertia from the current in a motor and the actual speed of the motor and changing a control responsibility by the moment of inertia and thereby controlling the speed.

SOLUTION: The speed of a motor 1 is detected by a speed detector 4 and a current command is calculated by a speed controller 2 from a difference between the detected speed and a speed command and then torque of the motor 1 is controlled by the current command and the motor current detected by a current detector 5 by means of a current controller 3. Here, moment of inertia appearing on the shaft ends of the motor 1 is estimated by a moment-of-inertia estimating

BEST AVAILABLE COPY

means 6 and the gains of a speed control proportional term 21, a speed control integral term 22, and a speed control derivative term 23 for the speed controller 2 are so set that a response frequency of a speed control system including the motor 1 and a load 9 may be kept constant. By this method, a power system for the load 9 can be driven stably even if it has a play in a gear.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-238490

(43)公開日 平成9年(1997)9月9日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 P 5/00			H 0 2 P 5/00	X
				P
G 0 5 B 13/02			G 0 5 B 13/02	C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-44519

(22)出願日 平成8年(1996)3月1日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 中塚 隆

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 橋本 敦実

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72)発明者 木下 久

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

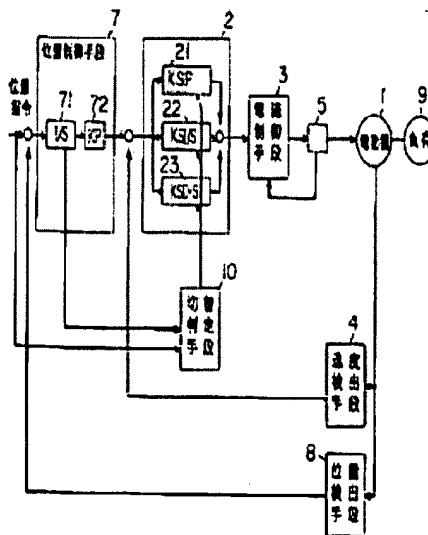
(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54)【発明の名称】 電動機制御装置

(57)【要約】

【課題】 本発明は、歯車に遊びのある機械でも、加減速時間を長くすることなく、常に速度制御系の応答周波数を一定にして、外乱が発生しても安定に駆動でき、高精度な位置制御を実現することを目的とする。

【解決手段】 電動機と、その電動機の位置を検出する手段と、その検出された位置と位置指令とから上記電動機の位置を制御する位置制御手段と、前記電動機の速度を検出する手段と、その検出された速度と位置制御手段より出力される速度指令より電動機の速度を制御し、電動機の位置と位置指令との偏差の積分値と位置指令双方が基準以下になると、制御応答性を変化させる速度制御手段を備えた電動機制御装置。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電動機と、前記電動機のトルクを制御するための電流制御手段と、前記電動機に流れる電流を検出する電流検出手段と、上記電動機の速度を検出する速度検出手段と、前記電流検出手段と速度検出手段より得られる電流値と速度値より前記電動機に付加されている負荷の慣性を推定するための慣性モーメント推定手段と、前記慣性モーメント推定手段により推定した慣性により制御応答性を変化させて速度を制御する速度制御手段を備えた電動機制御装置。

【請求項 2】 基準速度以下になると電動機に付加されている負荷の慣性を推定し、その慣性により制御応答性を変化させて速度を制御する速度制御手段を有効にする切替判定手段を有する請求項 1 記載の電動機制御装置。

【請求項 3】 電動機の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段により検出された位置と位置指令とから前記電動機の位置を制御する位置制御手段と、位置指令が基準以下になると、電動機に付加されている負荷の慣性を推定し、その慣性により制御応答性を変化させて速度を制御する速度制御手段を有効にする切替判定手段を有する請求項 1 記載の電動機制御装置。

【請求項 4】 電動機の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段により検出された位置と位置指令とから前記電動機の位置を制御する位置制御手段と、電動機の位置と位置指令との偏差の積分値が基準以下になると、電動機に付加されている負荷の慣性を推定し、その慣性により制御応答性を変化させて速度を制御する速度制御手段を有効にする切替判定手段を有する請求項 1 記載の電動機制御装置。

【請求項 5】 電動機の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段により検出された位置と位置指令とから前記電動機の位置を制御する位置制御手段と、電動機の位置と位置指令との偏差の積分値と位置指令双方が基準以下になると、電動機に付加されている負荷の慣性を推定し、その慣性により制御応答性を変化させて速度を制御する速度制御手段を有効にする切替判定手段を有する請求項 1 記載の電動機制御装置。

【請求項 6】 電動機と、前記電動機の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段により検出された位置と位置指令とから前記電動機の位置を制御する位置制御手段と、前記電動機の速度を検出する速度検出手段と、前記速度検出手段により検出された速度と位置制御手段より出力される速度指令より電動機の速度を制御し、基準位置指令以下になると、制御応答性を変化させる速度制御手段を備えた電動機制御装置。

【請求項 7】 電動機と、前記電動機の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段により検出された位置と位置指令とから前記電動機の位置を制御する位置制御手段と、上記電動機の速度を検出する速度検出手段と、前記速度検出手段により検出された速度と位置制御

手段より出力される速度指令より電動機の速度を制御し、電動機の位置と位置指令との偏差の積分値が基準以下になると、制御応答性を変化させる速度制御手段とを備えた電動機制御装置。

【請求項 8】 電動機と、前記電動機の位置を検出する位置検出手段と、前記位置検出手段により検出された位置と位置指令とから上記電動機の位置を制御する位置制御手段と、前記電動機の速度を検出する速度検出手段と、前記速度検出手段により検出された速度と位置制御手段より出力される速度指令より電動機の速度を制御し、電動機の位置と位置指令との偏差の積分値と位置指令双方が基準以下になると、制御応答性を変化させる速度制御手段とを備えた電動機制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、バックラッシュを持つ工作機械を安定に制御する電動機制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図 10 に従来の電動機制御装置のブロック図を示す。負荷 9 が付加されている電動機 1 の制御は、位置制御手段 7 でエンコーダ（位置検出手段）8 で検出される実位置と、位置指令との位置偏差より積分器 71 で積分し、ゲイン K<sub>P</sub> を増幅器 72 で掛けて速度指令を算出する。

【0003】 また、電動機 1 の実速度は、速度制御手段 2 で速度検出手段 4 で検出され、速度指令との速度偏差により、電流指令を算出する。このとき速度制御手段 2 では、速度偏差を速度比例ゲイン K<sub>SP</sub> を持つ比例項 21、速度積分ゲイン K<sub>SI</sub> を持つ積分項 22、速度微分ゲイン K<sub>SD</sub> を持つ微分項 23 の加算することにより電流指令を算出している。さらに、この電流指令と電流検出手段 5 により検出される電動機電流より、電動機 1 のトルクを電流制御器 3 で制御している。

【0004】 しかし、実際の工作機械での負荷 9 は、動力系にギアが含まれ、歯車と歯車との間に遊びがある。このため、電動機 1 が回転しているときは、歯車が噛み合っているために、負荷の慣性モーメントが電動機 1 の軸端に発生する。しかし、電動機 1 が停止しているときは、無負荷、負荷のいずれの慣性モーメントも電動機 1 の軸端に発生するかわからないため、電動機 1 の軸端に発生する慣性モーメントが大きく変化する。

【0005】 このとき、速度制御系での応答周波数  $f_o$  は、負荷 9 の慣性モーメント  $J_L$ 、電動機 1 の慣性モーメント  $J_M$ 、速度比例ゲイン K<sub>SP</sub>、速度積分ゲイン K<sub>SI</sub>、速度微分ゲイン K<sub>SD</sub>、比例定数  $\epsilon$ 、 $p_1$ 、 $p_2$  とすると、経験的に数式（1）の関係

【0006】

【数 1】

$$f_c = g \cdot \frac{(KSP + KSI + KSD)}{JM + JL} \dots\dots\dots (1)$$

ただし、

$$KSI = P1 \cdot KSP$$

$$KSD = P2 \cdot KSP$$

【0007】があり、負荷の慣性モーメントJLに最適な速度ゲインを設定しても、ギアに遊びがあるために、慣性モーメントJLが小さくなることもあり、そのとき速度制御系の応答周波数が高くなり、電動機1のハンチングの原因となっていた。

【0008】このような電動機1のハンチングを防ぐために、従来の電動機制御装置では、あらかじめ電動機1と負荷9との慣性モーメント(JM+JL)に最適な速度ゲインよりも低い速度ゲインを設定して、速度制御系の応答周波数を下げたり、電動機1の慣性モーメントJMを大きくし、負荷の慣性モーメントJLと電動機1の慣性モーメントJMとの比率を小さくして慣性モーメント変動を抑えたり、あるいは、小さな慣性モーメント変動の場合であれば、特開昭63-214372号公報に記載のとおり、位置偏差値の基準値以下のとき速度積分ゲインKSIを調節することでハンチングを防止していた。

【0009】  
【発明が解決しようとする課題】このように図10に示す従来の電動機制御装置では、あらかじめ電動機1と負荷9との慣性モーメント(JM+JL)に最適な速度ゲインよりも低い速度ゲインを設定して、速度制御系の応答周波数f<sub>c</sub>を下げていたため、高精度な位置制御を実現することはできなかった。また、電動機1の慣性モーメントJMを大きくし、負荷の慣性モーメントJLと電動機1の慣性モーメントJMとの比率を小さくすることで慣性モーメント変動を抑えるために、加減速時間が長くなりタクトタイムに悪影響を及ぼしていた。さらに、位置偏差値が基準値以下のときに、速度積分ゲインKSIを調節するのみでは、対応できる慣性モーメントの変動に限界があり、加えて位置偏差値で判定しているために、電動機1の回転時にも、速度積分ゲインKSIを変化させることがあり、制御性能に悪影響を及ぼしていた。

【0010】本発明は、このような課題を解決するもので、歯車の遊びを持つことで、電動機1の軸端に発生する慣性モーメントが大きく変化する工作機械でも、加減速時間を長くすることなく、電動機1の軸端に発生する慣性モーメントに最適な速度ゲインよりも小さな速度ゲインを設定することなく、常に速度制御系の応答周波数を一定に保つことで高精度な位置制御を実現することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため

に、請求項1に関わる発明において、電動機に流れる電流と電動機の実速度により慣性モーメントを推定して、その慣性モーメントにより速度制御の応答周波数が一定になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0012】加えて、請求項2に関わる発明において、速度指令が基準値以下のときのみ、推定した慣性モーメントにより速度制御系の応答周波数が一定になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0013】また、請求項3に関わる発明において、位置指令が基準値以下のときのみ、推定した慣性モーメントにより速度制御系の応答周波数が一定になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0014】また、請求項4に関わる発明において、位置偏差値の積分値が基準値以下のときのみ、推定した慣性モーメントにより速度制御の応答周波数が一定になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0015】また請求項5に関わる発明において、位置指令と位置偏差値の積分値が基準値以下のときのみ、推定した慣性モーメントにより速度制御系の応答周波数が一定になるような速度ゲインを切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0016】さらに、請求項6に関わる発明において、位置指令値が基準値以下のとき、最小の慣性モーメントに対して負荷慣性モーメントの速度制御系の応答周波数と同一になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0017】また、請求項7に関わる発明において、位置偏差値の積分値が基準値以下のとき、最小の慣性モーメントに対して負荷慣性モーメントの速度制御系の応答周波数と同一になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0018】また、請求項8に関わる発明において、位置指令と位置偏差値の積分値が基準値以下のとき、最小の慣性モーメントに対して負荷慣性モーメントの速度制御系の応答周波数と同一になるような速度ゲインに切替えられる速度制御手段を備えたものである。

【0019】

【発明の実施の形態】請求項1に関わる発明の構成によリ、電動機と負荷との慣性モーメントを推定することができ、その推定した慣性モーメントを用いて、常に一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0020】また、請求項2に関わる発明の構成によリ、速度指令の判定で慣性モーメントの推定を有効または無効に切り替え、その推定した慣性モーメントを用いることで、常に一定の速度制御系の応答周波数が得られ

る速度ゲインを設定する作用を有する。

【0021】また、請求項3に関わる発明の構成により、位置指令の判定で慣性モーメントの推定を有効または無効に切替え、その推定した慣性モーメントを用いることで、常に一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0022】また、請求項4に関わる発明の構成により、位置偏差値の積分値の判定で慣性モーメントの推定を有効または無効に切替え、その推定した慣性モーメントを用いることで、常に一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0023】また、請求項5に関わる発明の構成により、位置偏差値の積分値と位置指令双方の判定で慣性モーメントの推定を有効または無効に切替え、その推定した慣性モーメントを用いることで、常に一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0024】また、請求項6に関わる発明の構成により、位置指令の判定により速度ゲインを切替えることで、一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0025】また、請求項7に関わる発明の構成により、位置偏差値の積分値の判定により速度ゲインを切替えることで、一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0026】また、請求項8に関わる発明の構成により、位置偏差値の積分値と位置指令双方の判定により速度ゲインを切替えることで、一定の速度制御系の応答周波数が得られる速度ゲインを設定する作用を有する。

【0027】（実施の形態1）以下、本発明の実施の形態1につき、図1に沿って説明する。

【0028】負荷9が付加されている電動機1の速度制御は、電動機1の実速度を、速度検出手段4で検出し、速度指令との速度偏差により、速度制御手段2で電流指令を算出する。このとき速度制御手段2では、速度偏差を速度比例ゲインKSPを持つ比例項21、速度積分ゲインKSIを持つ積分項22、速度微分ゲインKSDを持つ微分項23の加算することにより電流指令を算出している。さらに、この電流指令と電流検出手段5により検出される電動機電流より、電動機1のトルクを電流制御手段3で制御している。

【0029】しかし、実際の工作機械での負荷9は、動力系にギアが含まれ、歯車と歯車との間に遊びがある。このため、電動機1が回転しているときは、歯車が噛み合っているために、負荷の慣性モーメントが電動機1の軸端に発生する。しかし、電動機1が停止しているときは、無負荷、負荷のいずれの慣性モーメントも電動機1の軸端に発生したかわからないため、電動機1の軸端に発生する慣性モーメントが大きく変化する。

【0030】このとき、速度制御系での応答周波数 $f_c$

は、負荷9の慣性モーメント $J_L$ 、電動機1の慣性モーメント $J_M$ 、速度比例ゲインKSP、速度積分ゲインKSI、速度微分ゲインKSD、比例定数 $g$ 、 $p1$ 、 $p2$ とすると、経験的に前記数式(1)に示す関係がある。

【0031】ところで、電動機1の軸端に発生する慣性モーメントは、慣性モーメント推定手段6で推定し、常に電動機1と負荷9を含めて速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つような速度比例ゲイン、速度積分ゲイン、速度微分ゲインを設定する。

【0032】具体的には、図2に電動機1と負荷9との等価ブロック図を示すように、電動機1に流れる電流 $I$ 、電動機1の実速度 $V$ 、外乱トルク $T_L$ 、負荷9の慣性モーメント $J_L$ 、電動機1の慣性モーメント $J_M$ とすると、数式(2)の関係がある。

【0033】

【数2】

$$J_L + J_M = \frac{KT \cdot I \cdot TL}{V} \cdot \frac{1}{S} \dots\dots\dots (2)$$

ただし、KTはトルク定数

【0034】この数式(2)において、電動機1の軸端に発生する慣性モーメント $J$ は、数式(3)

【0035】

【数3】

$$J = J_L + J_M \dots\dots\dots (3)$$

【0036】となる。この慣性モーメント $J$ は、外乱トルク $T_L$ を無視することにより、慣性モーメント推定手段6で電流検出手段5より得られる電動機1に流れる電流と、速度検出手段4より得られる電動機1の実速度とから推定を行うことができる。つぎに、速度制御手段2は、慣性モーメント $J$ が $dJ$ 変化しても、数式(1)に示すように、速度比例ゲインKSP、速度積分ゲインKSI、速度微分ゲインKSDをそれぞれ $(J+dJ)/J$ 倍にすることで、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができる。

【0037】（実施の形態2）つぎに、本発明の実施の形態2につき、図3に沿って説明する。上記で説明した慣性モーメント推定手段6を備えた電動機制御装置に、切替判定手段10を加えて、速度ゲイン切替えを有効または無効にしている。

【0038】まず、慣性モーメント推定手段6では、外乱トルク $T_L$ を無視することで慣性モーメント $J$ を推定している。このため、外乱トルク $T_L$ が発生するときは、正確な慣性モーメント $J$ が推定できない。また、外乱トルク $T_L$ は、電動機1が回転しているときに発生する。

【0039】一方で、慣性モーメント $J$ は、電動機1が一定方向に回転しているときは、歯車が噛み合うために負荷の慣性モーメントが電動機1の軸端に発生し、電動機1が停止しているときに、無負荷と負荷のいずれの慣

性モーメントが電動機1の軸端に発生しているかわからない。

【0040】このため、切替判定手段10により、速度指令が基準値以下のときは、慣性モーメント推定手段6で慣性モーメントJを推定して、それぞれの速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )は慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に変更し、速度指令が基準値以上つまり回転時のときは、あらかじめ設定していた速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定する。このことで、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができる。

【0041】(実施の形態3) つぎに、本発明の実施の形態3を、図4に沿って説明する。実施の形態3では、エンコーダ(位置検出手段)8で検出される実位置と位置指令との位置偏差より積分器71で積分し、ゲインKPを増幅器72で掛け速度指令を位置制御手段7で算出する。この位置制御手段7より算出された速度指令により、上記で説明した慣性モーメント推定手段6を備えた電動機制御装置に入力する。

【0042】このとき、切替判定手段10は、位置指令により速度ゲインの切替えを行う。具体的には、位置指令が基準値以下のときは、電動機1を停止させようとしている状態であることを知ることができ、慣性モーメント推定手段6で慣性モーメントJを推定して、それぞれの速度ゲインは慣性モーメントに適した速度ゲインに変更する。つぎに、位置指令が基準値以上のときは、回転しようとする状態であることを知ることができ、あらかじめ設定していた負荷慣性モーメントJに適した速度ゲインに設定する。このことで、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができる。

【0043】(実施の形態4) つぎに、本発明の実施の形態4を、図5に沿って説明する。実施の形態4では、エンコーダ(位置検出手段)8で検出される実位置と位置指令との位置偏差より積分器71で積分し、ゲインKPを増幅器72で掛け速度指令を位置制御手段7で算出する。この位置制御手段7より算出された速度指令により、上記で説明した慣性モーメント推定手段6を備えた電動機制御装置に入力する。

【0044】このとき、切替判定手段10は、位置偏差の積分値により速度ゲインの切替えを行う。具体的には、位置偏差の積分値が基準値以下のときは、追従性よく電動機1の位置制御の行われている状態であることを知ることができ、慣性モーメント推定手段6で慣性モーメントJを推定して、それぞれの速度ゲインは慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に変更する。つぎに、位置偏差の積分値が基準値以上のときは、電動機1の位置制御の追従性が遅れている状態であることを知ることができ、あらかじめ設定していた負荷慣性モーメントJに適した速度ゲインに設定する。このことで、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定

に保つことができる。

【0045】(実施の形態5) つぎに、本発明の実施の形態5を、図6に沿って説明する。実施の形態5では、エンコーダ(位置検出手段)8で検出される実位置と位置指令との位置偏差より積分器71で積分し、ゲインKPを増幅器72で掛け速度指令を位置制御手段7で算出する。この位置制御手段7より算出された速度指令により、上記で説明した慣性モーメント推定手段6を備えた電動機制御装置に入力する。

【0046】このとき、切替判定手段10は、位置偏差の積分値と位置指令双方により速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )の切替えを行う。具体的には、位置偏差の積分値が基準値以下のときは、工作機械が停止中であることを知ることができ、慣性モーメント推定手段6で慣性モーメントJを推定して、それぞれの速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )は慣性モーメントに適した速度ゲインに変更する。つぎに、位置偏差の積分値が基準値以上のときは、工作機械が運転中であることを知ることができ、あらかじめ設定していた負荷慣性モーメントJに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定する。このことで、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができる。

【0047】(実施の形態6) つぎに、本発明の実施の形態6を、図7に沿って説明する。実施の形態6では、負荷9が付加されている電動機1の制御は、エンコーダ(位置検出手段)8で検出される実位置と位置指令との位置偏差より積分器71で積分し、ゲインKPを増幅器72で掛け速度指令を位置制御手段7で算出する。

【0048】また、電動機1の実速度は、速度検出手段4で検出され、速度指令との速度偏差により、速度制御手段2で電流指令を算出する。このとき速度制御手段2では、速度偏差を速度比例ゲインKSPを持つ速度制御比例項21、速度積分ゲインKSIを持つ速度制御積分項22、速度微分ゲインKSDを持つ速度制御微分項23を加算することにより電流指令を算出している。さらに、この電流指令と電流検出手段5により検出される電動機電流より、電動機のトルクを電流制御器3で制御している。

【0049】しかし、歯車の遊びによる慣性モーメントJの変動は、電動機1が一定方向に回転しているときは、歯車が噛み合うために負荷の慣性モーメントが電動機1の軸端に発生している。しかし、電動機1が停止しているときに、無負荷と負荷のいずれの慣性モーメントが電動機1の軸端に発生しているかわからない。また、停止時は高い速度制御の応答性は必要ない。

【0050】さらに、切替判定手段10は、電動機1が回転させようとしているときは、負荷慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定し、停止させようとしているときは、無負荷時の速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )を設定するための切替

えを行う。具体的には、位置指令が基準値以下のときは、速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )を負荷がない状態での慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に変更し、位置指令が基準値以上のときは、負荷がある状態での慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定する。

【0051】このとき、速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )は、負荷時と無負荷時での電動機1の速度制御応答周波数 $f_c$ が変わらないように設定している。このような切替設定により、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができる。

【0052】(実施の形態7) つぎに、本発明の実施の形態7を、図8に沿って説明する。実施の形態7では、負荷9が付加されている電動機1の制御は、エンコーダ(位置検出手段)8で検出される実位置と位置指令との位置偏差より積分器71で積分し、ゲインKPを増幅器72で掛け速度指令を位置制御手段7で算出する。また、電動機1の実速度は、速度検出手段4で検出され、速度指令との速度偏差により、速度制御手段2で電流指令を算出する。このとき速度制御手段2では、速度偏差を速度比例ゲインKSPを持つ比例項21、速度積分ゲインKSIを持つ積分項22、速度微分ゲインKSDを持つ微分項23を加算することにより電流指令を算出している。さらに、この電流指令と電流検出手段5により検出される電動機電流より、電動機のトルクを電流制御手段3で制御している。

【0053】このため、切替判定手段10は、電動機1が位置指令に対し遅れが大きいときは、負荷慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定し、位置指令に対し追従しているときは、無負荷時の速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )を設定するための切替えを行う。具体的には、位置偏差の積分値が基準値以下のときは、速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )を負荷がない状態での慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に変更し、位置偏差の積分値が基準値以上のときは、負荷がある状態での慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定する。

【0054】このとき、速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )は、負荷時は無負荷時での電動機1の速度制御系の応答周波数 $f_c$ が変わらないように設定している。このような切替設定により、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができる。

【0055】(実施の形態8) つぎに、本発明の実施の形態8を、図9に沿って説明する。実施の形態8では、負荷9が付加されている電動機1の制御は、エンコーダ(位置検出手段)8で検出される実位置と位置指令との位置偏差より積分器71で積分し、ゲインKPを増幅器72で掛け速度指令を位置制御手段7で算出する。また、電動機1の実速度は、速度検出手段4で検出され、

速度指令との速度偏差により、速度制御手段2で電流指令を算出する。このとき速度制御手段2では、速度偏差を速度比例ゲインKSPを持つ速度制御比例項21、速度積分ゲインKSIを持つ速度制御積分項22、速度微分ゲインKSDを持つ速度制御微分項23を加算することにより電流指令を算出している。さらに、この電流指令と電流検出手段5により検出される電動機電流より、電動機のトルクを電流制御器3で制御している。

【0056】また、位置指令が0でも、制御系の遅れにより偏差の積分値が0でなく、電動機1が回転することもあり、逆に、反転動作などのように偏差の積分値が0でも、位置指令は0でなく、電動機1が回転することもある。このため、電動機1が確実に停止状態であることを判断するのは、位置指令と位置偏差の積分値双方が0のときである。

【0057】このため、切替判定手段10は、工作機械が運転をしているときは、負荷慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定し、工作機械が停止しているときは、無負荷時の速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )を設定するための切替えを行う。具体的には、位置偏差の積分値と位置指令双方が基準値以下のときは、速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )を負荷がない状態での慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に変更し、位置偏差の積分値と位置指令双方が基準値以上のときは、負荷がある状態での慣性モーメントに適した速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )に設定する。

【0058】このとき、速度ゲイン( $KSP + KSI + KSD$ )は、負荷時は無負荷時での電動機1の速度制御系の応答周波数 $f_c$ が変わらないように設定している。このような切替設定により、速度制御系の応答周波数 $f_c$ を一定に保つことができるものである。

【0059】

【発明の効果】以上のように、請求項1に関する本発明の電動機制御装置は、歯車に遊びのある機械でも、加減速時間を長くすることなく、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御系の応答周波数を常に一定に制御でき、安定に駆動できるものである。

【0060】また、請求項2に関する本発明の電動機制御装置は、歯車に遊びのある機械でも、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御系の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動できるものである。

【0061】また、請求項3に関する本発明の電動機制御装置は、歯車に遊びのある機械でも、加減速時間を長くすることなく、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動でき、かつ高精度な位置制御を実現できるものである。

【0062】また、請求項4に関する本発明の電動機制



御装置は、歯車に遊びのある機械でも、加減速時間を長くすることなく、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動でき、かつ高精度な位置制御を実現できるものである。

【0063】また、請求項 5 に関する本発明の電動機制御装置は、歯車に遊びのある機械でも、加減速時間を長くすることなく、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動でき、精度な位置制御を実現できるものである。

【0064】また、請求項 6 に関する本発明の電動機制御装置は、簡単な構成で、歯車に遊びのある機械でも、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御系の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動でき、かつ高精度な位置制御を実現できるものである。

【0065】また、請求項 7 に関する本発明の電動機制御装置は、簡単な構成で、歯車に遊びのある機械でも、加減速時間を長くすることなく、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動でき、かつ高精度な位置制御を実現できるものである。

【0066】また、請求項 8 に関する本発明の電動機制御装置は、簡単な構成で、歯車に遊びのある機械でも加減速時間を長くすることなく、電動機に付加されている負荷の慣性モーメントの変動にも速度制御系の応答周波数を常に一定に制御でき、外乱が発生しても安定に駆動でき、かつ高精度な位置制御を実現できるものである。

【図 3】同実施の形態 2 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 4】同実施の形態 3 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 5】同実施の形態 4 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 6】同実施の形態 5 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 7】同実施の形態 6 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 8】同実施の形態 7 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 9】同実施の形態 8 における電動機制御装置を示すブロック図

【図 10】従来のデジタル AC サーボ装置の構成を示すブロック図

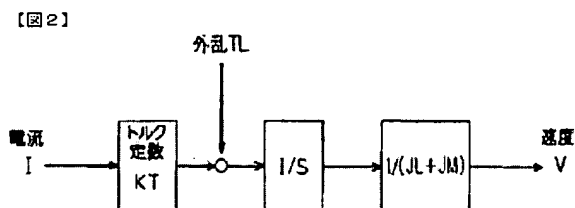
【符号の説明】

- 1 電動機
- 2 速度制御器
- 3 電流制御器
- 4 速度検出手段
- 5 電流検出手段
- 6 慣性モーメント推定手段
- 7 位置制御器
- 8 エンコーダ（位置検出手段）
- 9 負荷
- 10 切替判定手段
- 21 速度制御比例項
- 22 速度制御積分項
- 23 速度制御微分項
- 71 積分項
- 72 増幅器

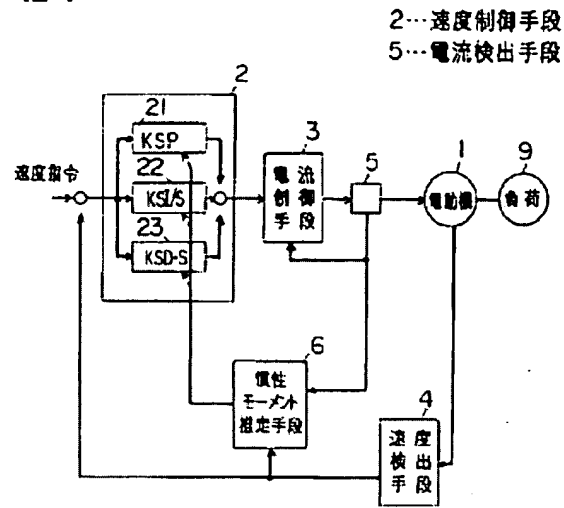
【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態 1 における電動機制御装置を示すブロック図

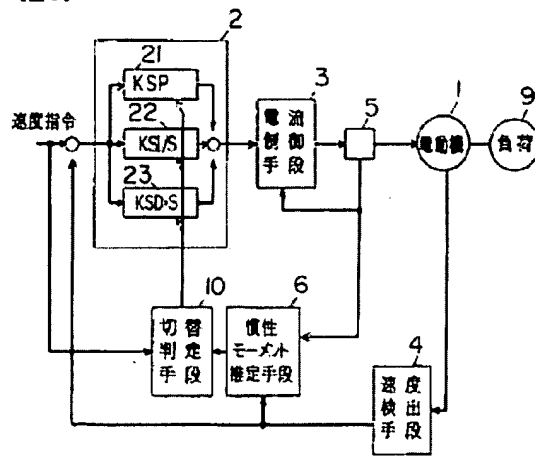
【図 2】同実施の形態 1 の電動機の等価ブロック図



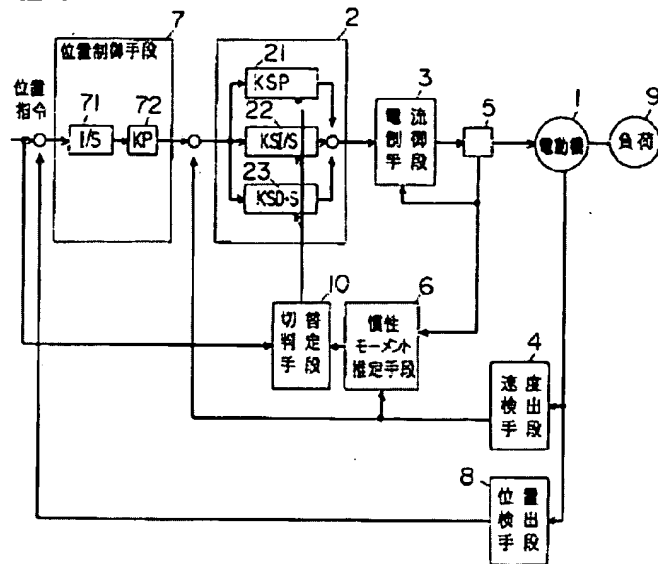
【図1】



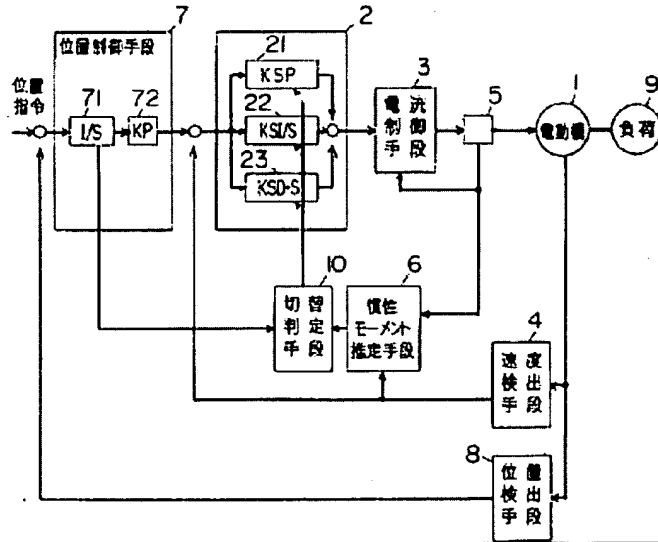
【図3】



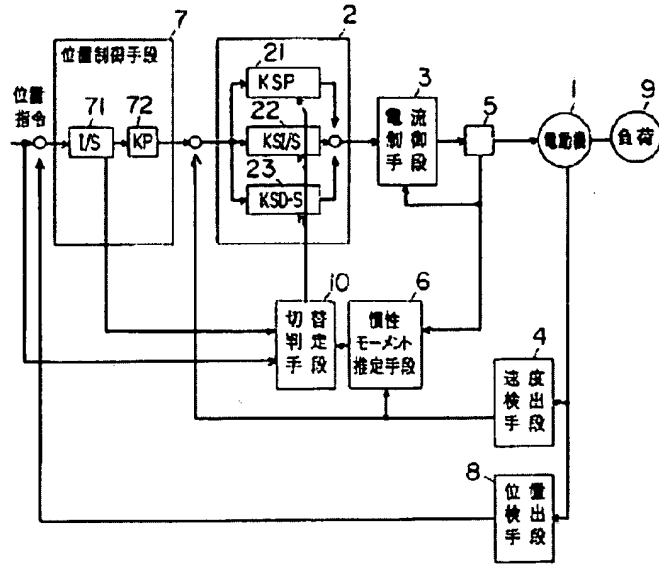
【図 4】



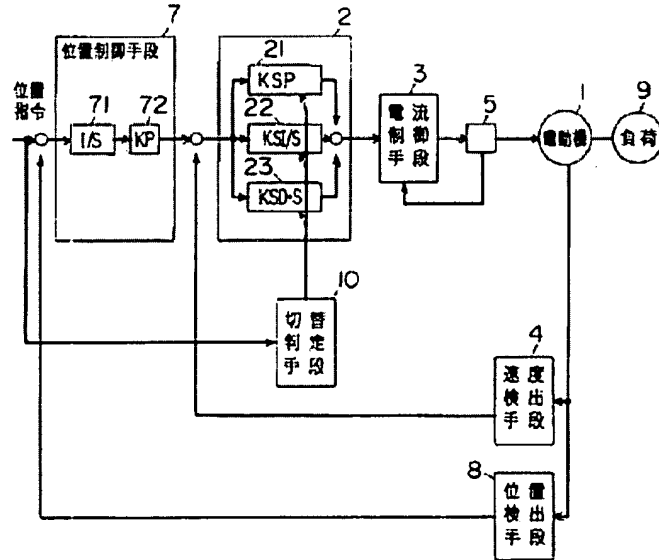
【図 5】



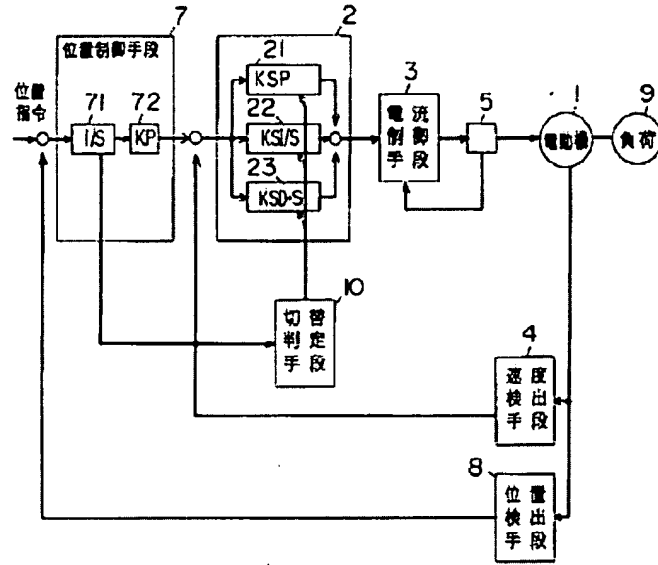
【図6】



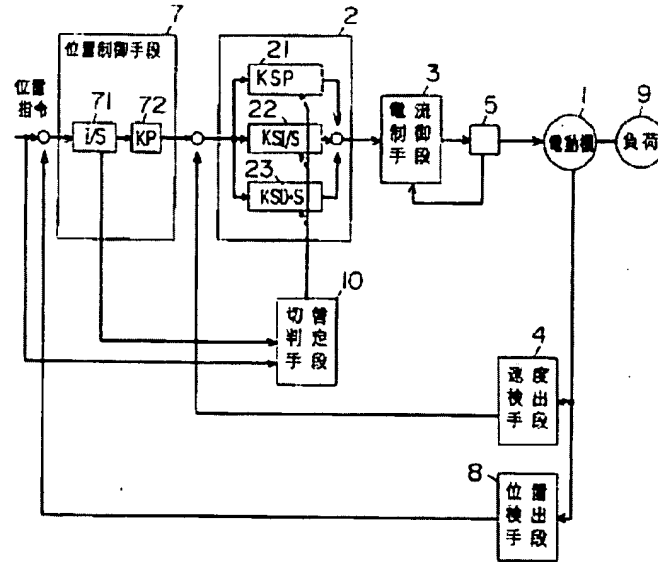
【図7】



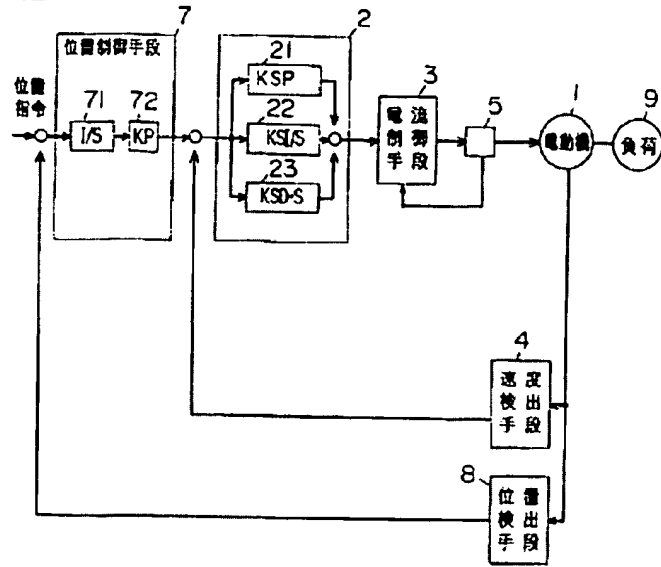
【図 8】



【図 9】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: small print

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**